动 物 学 研 究 2004, Apr. 25 (2): 181 ~ 184
Zoological Research

CN 53 - 1040/Q ISSN 0254 - 5853

人工饲养与野生川金丝猴体毛 10 种微量元素的含量及比较

高云芳[1]，高更更[2]，曹永汉[2]，常秀云[2]
（1. 西北大学 生命科学学院，陕西 西安 710069；2. 陕西省野生动物资源管理站，陕西 西安 710082）

摘要：测定了秦岭人工饲养（10 只）和野生（14 只）川金丝猴体毛中的 10 种微量元素含量。锌、铁、铜、钙、镁 5 种元素采用火焰原子吸收法；锰、铬、铅采用石墨炉原子吸收法；铝采用等离子光谱；硒经硝解后采用原子吸收法测定。结果表明，铬、锰、镁、铅、锌和硒的含量，人工猴极显著或显著高于野生猴；铁含量，人工猴极显著低于野生猴；钙、铜和铝的含量，人工猴与野生猴无显著差异。以人类毛发 10 种微量元素的正常范围为参照，人工猴铅、铬、锰与锌 4 种含量均显著超出正常范围的上限，属于严重超量。这可能与金丝猴饲养过程中添加营养制剂有关。

关键词：川金丝猴；体毛；微量元素
中图分类号：959.848 **文献标识码**：A **文章编号**：0254 - 5853(2004)02 - 0181 - 04

Comparison on Contents of Trace Elements between Captive and Wild Sichuan Golden Monkeys

GAO Yun-fang[1], GAO Geng-geng[2], CAO Yong-han[2], CHANG Xiu-yun[2]
(1. *School of Life Science, Northwest University, Xi'an* 710069, *China*;
2. *Wild Animal Protective Station of Shaanxi Province, Xi'an* 710082, *China*)

Abstract: Ten trace elements including Zn, Fe, Ca, Cu, Mg, Al, Se, Mn, Cr and Pb were determined in hair of 24 Sichuan golden monkeys (*Rhinopithecus roxellanae*). The Zn, Fe, Cu, Ca, and Mg were determined by FAAS, Mn, Cr, Pb were determined by GFAAS, Al by ICP and Se by AAS respectively. The contents of trace elements in hair of 14 wild and 10 captive Sichuan golden monkeys were compared. The results showed that the contents of Cr, Mn, Mg, Pb, Zn and Se in captive monkeys were significantly higher, and that of Fe was much lower than those of wild monkeys. In addition, the contents of Pb, Cr, Mn and Zn in captive monkeys were distinctly higher than those of normal human's upper limit. This is probably because the food they eat have too much trace element additive in the captive troop.

Key words: Sichuan golden monkey; Hair sample; Trace element

国家Ⅰ级保护动物川金丝猴（*Rhinopithecus roxellana*）的人工饲养始于 60 年代（Zheng & Feng, 1960; Zhao, 1959），随着国内外对珍稀动物迁地保护的日益重视，80 年代在国内成立了两个金丝猴饲养中心，使金丝猴的人工饲养和研究得以继续深入。虽然笼养金丝猴的数量在不断增加，但金丝猴受孕率一直在 30% ~ 40%，流产、早产率达 47% ~ 70%（Gao, 1990; Lin, 1992; Qi, 1982, 1988; Qi et al, 1992, 1995）。因而人工饲养种群的数量和性比的维持仍然主要依赖于捕捉野生个体，严重干扰了野生种群的繁衍生息。为寻找繁殖力低下的可能原因，我们采集并测定了秦岭产川金丝猴体毛中锌、铁、钙、铜、镁、铝、硒、锰、铬、铅共 10 种微量元素的含量，拟从微量元素营养角度探讨这一问题，现把这一工作报道如下。

收稿日期：2003 - 09 - 09；接受日期：2004 - 01 - 19
基金项目：陕西省自然科学基金（98SM04）；陕西省教育厅重点科研基金资助（00JK009）

1 材料与方法

10只体毛样本来自陕西省野生动物饲养抢救研究中心和西安动物园人工饲养的川金丝猴，于1996年在准备外出巡展时采集。另14只体毛样本也来自该中心，但为林业部批准、陕西省林业厅1996年捕自秦岭地区的太白和周至国家级保护区的野生川金丝猴，在入园体检时采集。

在每只动物的右前肢臂外侧取约2 g体毛，用中性洗涤剂清洗后，再分别用自来水、蒸馏水、无离子水冲洗并烘干。用于测硒的样品，经硝解后采用原子吸收法（Suchocki et al，2003；Magi et al，2002）测定。其余样品，均灼烧后酸溶定容。锌、铁、铜、钙、镁5种元素采用火焰原子吸收法（Guleryuz et al，2002；Bermejo-Barrera et al，2000）测定；锰、铬、铅采用石墨炉原子吸收法（Baffi et al，2002）测定；铝采用等离子光谱（Asano et al，2002）测定。方法优选和微量元素测定均由陕西省微量元素研究所专业人员完成，每种微量元素的测定均设立质量控制标样。并用人发标准物质对各测定方法的准确度进行检验。

2 结 果

人工饲养的川金丝猴与野生猴体毛中10种微量元素的测定结果见表1。人工猴与野生猴相比，钙、铜和铝的含量无显著差异（$P>0.05$），其余7种元素的含量均有显著（$P<0.05$）或极显著差异（$P<0.01$）：铬、锰、镁、铅、锌和硒的含量，人工猴极显著或显著高于野生猴；铁含量，人工猴极显著低于野生猴。

周至与太白两地、雌雄性体毛样品微量元素含量差异的统计检验结果表明，周至与太白地区川金丝猴（野生）、野生猴雌雄性间体毛微量元素的含量均无显著差异（t 检验，$P>0.05$）。

3 讨 论

铅、铬、锰是机体必需的微量元素。但微量元素营养研究表明，微量元素过量引发的危害比缺乏有过之而无不及，尤其是过量铅、铬与锰。过量铅具有多器官、多系统毒性，特别是具有神经、生殖毒性及致癌性。铅接触男工性欲下降，精子畸形率上升，铅接触女工及铅接触男工的配偶流产早产率明显上升（Apostli et al，2000；Lerda，1992；Wang et al，2002；Zhou，2001）。过量铬有致癌和男性生殖毒性作用，可导致曲细精管上皮受损，精子生成减少甚至畸形率上升；铬酸盐生产男工妻子的自然流产率显著升高（Li et al，1999；Borska et al，2003）。锰易蓄积于睾丸组织并造成一系列毒性作用，如精子数量减少、活动度降低，畸形率上升，血清睾酮含量下降（Gray & Laskey，1980；Gennart et al，1992；Nomura et al，1996；Zhuang et al，1994；Zhu et al，1999）。过量补锌会引起缺铁或

表1 人工饲养的川金丝猴与野生猴体毛微量元素的含量及比较

Table 1 Comparison on contents of trace elements between captive and wild Sichuan golden monkeys (Mean ± SD) ($\times 10^{-6}$)

	野生猴 Wild monkey ($n=14$)	人工猴 Captive monkey ($n=10$)	t
铁 Fe	95.36 ± 32.09	47.13 ± 9.30	4.854**
铬 Cr	1.07 ± 0.716	6.73 ± 1.03	16.207**
锰 Mn	3.09 ± 1.22	13.40 ± 2.56	10.396**
镁 Mg	70.71 ± 22.13	220.00 ± 76.63	8.649**
铅 Pb	5.24 ± 4.28	16.83 ± 6.79	2.475*
锌 Zn	143.43 ± 17.43	252.17 ± 39.11	2.506*
硒 Se	0.51 ± 0.53	0.90 ± 0.0756	2.358*
铝 Al	4.52 ± 3.70	16.40 ± 17.80	1.693ns
铜 Cu	7.99 ± 1.67	8.23 ± 2.30	1.162ns
钙 Ca	452.07 ± 92.73	567.33 ± 213.81	0.839ns

* $P<0.05$, ** $P<0.01$, ns $P>0.05$.

表 2　人类毛发中 10 种微量元素正常值[1]

Table 2　Normal values of 10 trace elements in human hair[1]　　($\times 10^{-6}$)

元素 Element	正常值 Normal value	元素 Element	正常值 Normal value
铁 Fe	20 ~ 45	锌 Zn	115 ~ 190
铬 Cr	0.13 ~ 2	硒 Se	0.6 ~ 2
锰 Mn	0.7 ~ 11	铝 Al	< 15
镁 Mg	30 ~ 400	铜 Cu	9.5 ~ 23
铅 Pb	5.5 ~ 12	钙 Ca	350 ~ 1 000

[1] 引自 Yan et al (1999), Yao et al (1987)

[1] From Yan et al (1999), Yao et al (1987).

缺铜性贫血，使机体免疫力下降；过量锌同样会对动物的生殖系统造成损害（Ibs & Rink，2003；Kou et al，2000；Wu et al，1995）。

如以人类毛发 10 种微量元素的正常范围（表 2）为参照，野生猴除硒铜含量低于、铁高于其正常范围，其余 7 种均在正常范围之内；而人工猴除硒、钙和镁的含量在正常范围之内、铜略低外，其余 6 种均高于正常范围，其中铅、铬、锰与锌 4 种含量显著超出正常范围的上限，属于严重超量，显然，人工猴的当务之急是如何驱排体内的过量元素。据我们了解，金丝猴饲养中普遍饲喂 21 金维他等营养制剂，这可能是造成人工猴的微量元素营养严重失衡的主要原因。

在多年的观察发现，秦岭太白地区的川金丝猴毛色比周至地区的好，微量元素的检测结果却无显著差异，说明微量元素可能对健康金丝猴的毛色无显著影响。但与人类正常值相比，周至野生猴中有 3 例铬含量明显超标，而太白地区则全部正常，这可能与栖息地的地质环境有关。Li et al (1996) 认为秦岭川金丝猴体毛锌和锰的含量有显著的性别差异，与本文测定结果不同，其原因有待探讨。

参考文献：

Apostoli P, Bellini A, Porru S, Bisanti L. 2000. The effects of lead on male fertility: A time to pregnancy (TTP) study [J]. *Am. J. Ind. Med.*, **38**: 310 - 315.

Asano R, Suzuki K, Otsuka T, Otsuka M, Sakurai H. 2002. Concentrations of toxic metals and essential minerals in the mane hair of healthy racing horses and their relation to age [J]. *J. Vet. Med. Sci.*, **64** (7): 607 - 610.

Baffi C, Bettinelli M, Beone GM, Spezia S. 2002. Comparison of different analytical procedures in the determination of trace elements in lichens [J]. *Chemosphere*, **48** (3): 299 - 306.

Bermejo-Barrera P, Muniz-Naveiro O, Moreda-Pineiro A, Bermejo-Barrera A. 2000. Experimental designs in the optimisation of ultrasonic bath-acid-leaching procedures for the determination of trace elements in human hair samples by atomic absorption spectrometry [J]. *Forensic Sci. Int.*, **107** (1 - 3): 105 - 120.

Borska L, Fiala Z, Smejkalova J, Tejral J. 2003. Health risk of occupational exposure in welding processes: Ⅰ. Genotoxic risk [J]. *Acta Medica*, **46** (1): 25 - 29.

Gao FQ. 1990. The breeding and reproduction of the golden monkey [A]. In: Proc. Confer. Chinese Zool Gard [C]. Shanghai: Shanghai Branch of China Encyclopedia Publishing House. 18 - 26. [高凤岐. 1990. 金丝猴的饲养与繁殖. 见：中国动物园论文集. 上海：中国大百科全书出版社上海分社. 18 - 26.]

Gennart JP, Buchet JP, Roels H, Ghyselen P, Ceulemans E, Lauwerys R. 1992. Fertility of male workers exposed to cadmium, lead, or manganese [J]. *Am. J. Epidemiol.*, **135** (11): 1208 - 1219.

Gray L Jr, Laskey JW. 1980. Multivariate analysis of the effects of manganese on the reproductive physiology and behavior of the male house mouse [J]. *J. Toxical. Environ. Health*, **6** (4): 861 - 867.

Guleryuz G, Arslan H, Kirmizi S, Gucer S. 2002. Investigation of influence of tungsten mine wastes on the elemental composition of some alpine and subalpine plants on Mount Uludag, Bursa, Turkey [J]. *Environ. Pollut.*, **120** (3): 707 - 716.

Ibs KH, Rink L. 2003. Zinc-altered immune function [J]. *J. Nutr.*, **133** (5): 1452 - 1456.

Kou SR, Duan F, Liu JZ, Ma YM, Yang GQ. 2000. Effects of high zinc upon the genitality in male mice [J]. *J. Hebei Medical College for Continue Education*, **17** (3): 10 - 12. [寇素茹，段斐，刘晋芝，马幼敏，杨国琴. 2000. 高锌对雄性小鼠生殖功能的影响. 河北职工医学院学报, **17** (3): 10 - 12.]

Lerda D. 1992. Study of sperm of characteristics in persons occupationally exposed to lead [J]. *Am. J. Ind. Med.*, **22** (4): 567 - 571.

Li BG, Liu JL. 1996. Analysis of trace elements in hair of Sichuan golden monkey [J]. *Acta Therologica Sinica*, **16** (3): 188 - 193. [李保国，刘建利. 1996. 川金丝猴体毛微量元素的分析. 兽类学报, **16** (3): 188 - 193.]

Li H, Chen QY, Li SE, Xu YB, Yao W, Chen C, Erist E. 1999. Studies on male reproductive toxicity caused by hexavalent chromium [J]. *Chin. J. Prev. Med.*, **33** (6): 351 - 353. [李 洪，陈琼宇，李时恩，徐玉宝，姚 武，陈 琛，Erist E. 1999. 六价铬男性生殖毒性的初步探讨. 中华预防医学杂志, **33** (6): 351 - 353.]

Lin QZ. 1992. The meager analysis on the abortion of twelve captive

golden monkeys [A]. Proceeding on Chinese Zoo Symposium about Breeding and Reproduction of Golden Monkey [C]. 47 - 49. [林勤哲. 1992. 金丝猴十二例流产浅析. 全国动物园金丝猴饲养繁殖研讨会论文集. 47 - 49.]

Magi E, Soggia F, Frache R. 2002. Determination of trace level of selenium and mercury in photographic emulsions by atomic spectroscopy techniques [J]. *Ann. Chim.*, **92** (3): 229 - 238.

Nomura T, Sasaki J, Mori H, Sato EF, Watanabe S, Kanda S, Matsuura J, Watanabe H, Inoue M. 1996. Expression of manganese superoxide dismutase mRNA in reproductive organs during the ovulatory process and the estrous cycle of the rat [J]. *Histochem Cell Biol.*, **105** (1): 1 - 6.

Qi JF. 1982. The breeding and reproduction of the golden monkey [J]. *Chinese Wildlife*, (2): 25 - 30. [戚静芬. 1982. 金丝猴饲养与繁殖. 野生动物, (2): 25 - 30.]

Qi JF. 1988. An observational study on reproduction of the golden monkey in captivity: Ⅰ. Maternal behavior [J]. *Acta Theriologica Sinica*, **8** (3): 172 - 175. [戚静芬. 1988. 人工饲养下金丝猴繁殖的观察研究: Ⅰ. 交配行为. 兽类学报, **8** (3): 172 - 175.]

Qi HJ, Liang B, Bao WY, Hao XP, Yu WS, Shen LH. 1992. Pathological observation on abortion and still birth of golden monkey [J]. *Acta Therologica Sinica*, **12** (12): 159 - 160. [戚汉君, 梁 冰, 鲍文永, 郝先谱, 禹旺盛, 沈璐华. 1992. 川金丝猴流产和死胎的病理学观察. 兽类学报, **12** (12): 159 - 160.]

Qi HJ, Liang B, Bao WY, Jia YC, Naphuka Hama, Czekala NM, Harvey NC. 1995. The hormone change in the urine of snub-nosed monkeys [J]. *Acta Theriologica Sinica*, **15** (2): 106 - 112. [戚汉君, 梁 冰, 鲍文永, 贾玉春, 滨夏树, Czekala NM, Harvey NC. 1995. 雌性川金丝猴尿中生殖激素的研究. 兽类学报, **15** (2): 106 - 112.]

Suchocki P, Jakoniuk D, Fitak BA. 2003. Specific spectrophotometric method with trifluoroacetic acid for the determination of selenium (Ⅳ) in selenitetriglycerides [J]. *J. Pharm. Biomed. Anal.*, **32** (4 - 5): 1029 - 1036.

Wang HM, Li GY, Xue HP. 2002. Effects of lead exposure on reproductive function for male workers [J]. *Journal of Zhengzhou University*, **37** (4): 502 - 504. [王会民, 李国玉, 薛和平. 2002. 铅作业对男性生殖功能的影响. 郑州大学学报, **37** (4): 502 - 504.]

Wu YB, Bai JS, Wu JH. 1995. The effects of high dietary zinc on immune function of rats [J]. *Trace Element and Health*, **12** (4): 5 - 6. [吴永冰, 白家驷, 吴嘉惠. 1995. 摄入高剂量锌对大鼠免疫功能的影响初探. 微量元素与健康研究, **12** (4): 5 - 6.]

Yan SM, Hong ZY, Li ZX. 1999. Practical Element Medicine [M]. Zhengzhou: Henan Medical University Press. 77 - 79. [颜世铭, 洪昭毅, 李增禧. 1999. 实用元素医学. 郑州: 河南医科大学出版社. 77 - 79.]

Yao L, Liu J. 1987. The Handbook of Medical Data in Common Use [M]. Beijing: China Broadcast and Television Press. 560 - 565. [姚 磊, 刘 军. 1987. 医学常用数据手册. 北京: 中国广播电视出版社. 560 - 565.]

Zhao KT. 1959. Large numbers of golden monkeys are discovered and preliminarily bred in Gansu province [J]. *Chin. J. Zool.*, (8): 358, 362. [赵肯堂. 1959. 金丝猴在甘肃的大量发现和初步驯养. 动物学杂志, (8): 358, 362.]

Zheng RL, Feng YX. 1960. Study on the breeding of golden monkeys [J]. *Journal of Lanzhou University*, (1): 151. [郑荣梁, 冯永秀. 1960. 金丝猴的驯化研究. 兰州大学学报, (1): 151.]

Zhuang BJ, Chen YH, Tan GJ. 1994. Effects of manganese on genital system of male mice [J]. *Journal of China Public Health*, **13** (4): 229 - 231. [庄碧嘉, 陈月华, 覃国杰. 1994. 锰对雄性小鼠生殖毒性的研究. 中国公共卫生学报, **13** (4): 229 - 231.]

Zhu CC, Zhu GX, Zhang BY, Ye FL, Yang JQ. 1999. Effects of manganese exposure on male sexual hormone [J]. *China Public Health*, **15** (1): 63 - 64. [朱长才, 朱国兴, 张本延, 叶方立, 杨景秋. 1999. 锰对接触男工性激素的影响. 中国公共卫生, **15** (1): 63 - 64.]

Zhou H. 2001. Effects of lead on pregnancy outcome of female workers and their descendant health [J]. *Occup. Health & Emerg. Rescue*, **19** (2): 75 - 76. [周 华. 2001. 铅对作业女工生殖机能及其子代健康的影响. 职业卫生与应急救援, **19** (2): 75 - 76.]